

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-092880

(43)Date of publication of application : 04.04.1997

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 07-267925

(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD

(22)Date of filing : 20.09.1995

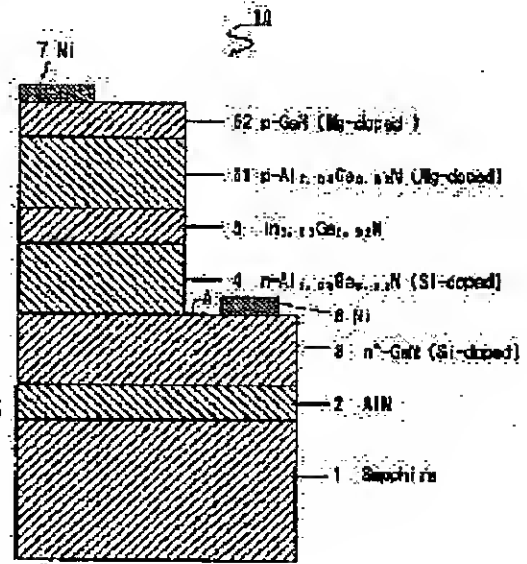
(72)Inventor : ASAI MAKOTO  
SHIBATA NAOKI  
KOIDE NORIKATSU

## (54) GROUP III NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve insulation breakdown characteristics against the electrostatic voltage in the forward direction.

**SOLUTION:** In a light emitting device 10 comprising an n-conductivity type high carrier-concentration n<sup>+</sup> layer 3, a light emitting layer 5 and p-conductivity type p layer 61 each formed of a group III nitride semiconductor, there is provided an n layer 4 formed of an n-conductivity type group III nitride semiconductor having an electron concentration lower than those of the light emitting layer 5 and the high carrier-concentration n<sup>+</sup> layer 3. The n layer 4 is made of an n-conductivity type group III nitride semiconductor having a thickness of 500 to 6000Å and a carrier concentration of  $5 \times 10^{16}$  to  $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ . Due to the presence of the n layer 4, if electrostatic voltage in the forward direction is applied, electric fields of the layers 61, 5, 4 and 3 and those among the layers are made small and withstand electrostatic voltage in the forward direction is increased. A withstand electrostatic voltage of 500V in the forward direction is obtained. This value is five times as large as that of the withstand electrostatic voltage in the forward direction of a light emitting device of a conventional structure.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] High carrier concentration  $n^+$  of  $n$  conduction type A layer, a luminous layer, and  $p$  layers of  $p$  conduction type set to the light emitting device formed with 3 group nitride semiconductor, and it is aforementioned luminous layer and aforementioned quantity carrier concentration  $n^+$ . Between layers, it is aforementioned luminous layer and aforementioned quantity carrier concentration  $n^+$ . 3 group nitride semiconductor light emitting device characterized by preparing  $n$  layers which consist of 3 group nitride semiconductor of  $n$  conduction type with concentration of electrons lower than a layer.

[Claim 2] The  $n$  aforementioned layers are  $5 \times 10^{16}$  to  $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$  of thickness 500 – 6000\*\* and carrier concentration. 3 group nitride semiconductor light emitting device according to claim 1 characterized by being 3 group nitride semiconductor of  $n$  conduction type.

[Claim 3]  $n$  layers and aforementioned aforementioned quantity carrier concentration  $n^+$  a layer — GaN it is — 3 group nitride semiconductor light emitting device according to claim 1 characterized by things

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-92880

(43) 公開日 平成9年(1997)4月4日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H01L 33/00

識別記号 庁内整理番号

F I  
H01L 33/00

技術表示箇所  
C

審査請求 未請求 請求項の数3 FD (全4頁)

(21) 出願番号 特願平7-267925

(22) 出願日 平成7年(1995)9月20日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(72) 発明者 浅井 誠

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 柴田 直樹

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 小出 典克

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

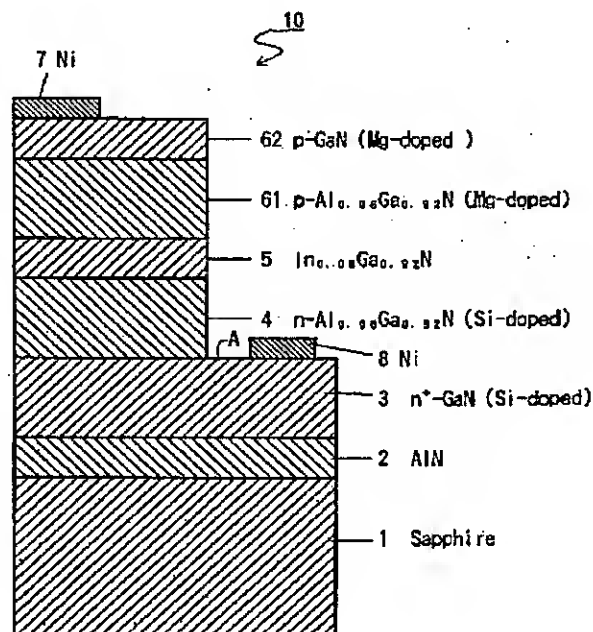
(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

(54) 【発明の名称】 3族窒化物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】正方向の正電圧に対する耐絶縁破壊性を向上させること。

【解決手段】n伝導型の高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3、発光層5、p伝導型のp層61とが3族窒化物半導体で形成された発光素子10において、発光層5と高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3との間に、発光層5及び高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3よりも電子濃度の低いn伝導型の3族窒化物半導体から成るn層4を設けた。n層4は、厚さ500~6000Å、キャリア濃度 $5 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のn伝導型の3族窒化物半導体で構成されている。n層4により、正方向の静電圧が印加された場合に、各層61、5、4、3及び各層間の電界が小さくなり、正方向の静電耐圧が向上する。500Vの正方向の静電耐圧が得られた。この値は従来の構造の発光素子の正方向の静電耐圧の5倍である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n伝導型の高キャリア濃度  $n^+$  層、発光層、p伝導型のp層とが3族窒化物半導体で形成された発光素子において、

前記発光層と前記高キャリア濃度  $n^+$  層との間に、前記発光層及び前記高キャリア濃度  $n^+$  層よりも電子濃度の低いn伝導型の3族窒化物半導体から成るn層を設けたことを特徴とする3族窒化物半導体発光素子。

【請求項2】 前記n層は、厚さ500～6000Å、キャリア濃度  $5 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$  のn伝導型の3族窒化物半導体であることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体発光素子。

【請求項3】 前記n層及び前記高キャリア濃度  $n^+$  層はGaNであることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は正方向の静電耐圧を向上させた3族窒化物半導体を用いた発光素子に関する。

## 【0002】

【従来技術】 従来、3族窒化物半導体発光素子として、ZnとSiとを添加した $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$  から成る発光層をホール濃度  $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  以下のp伝導型のAlGaIn からなるp層と電子濃度  $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  のGaIn から成るn層とで挟んだダブルヘテロ構造のものが知られている。この発光素子は、420～520nmの青色の発光が得られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記の構成の発光素子は、p層のホール濃度が  $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  以下と小さく、活性層のキャリア濃度が  $5 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  と比較的高いため、空乏層の厚さが非常に狭い。このため、この発光素子は正方向の100V程度の正電圧により容易に破壊されるという問題がある。

【0004】 本発明は上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、正方向の正電圧に対する耐絶縁破壊性を向上させることである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、n伝導型の高キャリア濃度  $n^+$  層、発光層、p伝導型のp層とが3族窒化物半導体で形成された発光素子において、発光層と高キャリア濃度  $n^+$  層との間に、発光層及び高キャリア濃度  $n^+$  層よりも電子濃度の低いn伝導型の3族窒化物半導体から成るn層を設けたことを特徴とする。

【0006】 又、発明の他の特徴は、そのn層を、厚さ500～6000Å、キャリア濃度  $5 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$  のn伝導型の3族窒化物半導体で構成したことである。さらに、発明の他の特徴は、n層及び高キャリア濃度  $n^+$  層をGaIn で構成したことである。

## 【0007】

【発明の作用及び効果】 上記のように、発光層と  $n^+$  層との間に、発光層及び高キャリア濃度  $n^+$  層よりも電子濃度の低いn伝導型の3族窒化物半導体から成るn層を設けたので、正方向の静電圧が印加された場合に、各層及び各層間の電界が小さくなり、正方向の静電耐圧が向上する。又、n層は、厚さ500～6000Å、キャリア濃度  $5 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$  のn伝導型の3族窒化物半導体とすることが望ましく、500Vの正方向の静電耐圧が得られた。この値は従来の構造の発光素子の正方向の静電耐圧の5倍である。

## 【0008】

## 【実施例】

## 第1実施例

図1において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上に500ÅのAlNのバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、順に、膜厚約2.0μm、電子濃度  $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  のシリコンドープGaIn から成る高キャリア濃度  $n^+$  層3、膜厚3000Å、電子濃度  $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$  のシリコンドープのGaIn から成るn層4、膜厚約0.05μmの $\text{In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$  から成る発光層5、膜厚約1.0μm、ホール濃度  $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、濃度  $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$  にマグネシウムがドーパされた $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$  から成るp層61、膜厚約0.2μm、ホール濃度  $7 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、マグネシウム濃度  $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$  のマグネシウムドーパのGaIn から成るコンタクト層62が形成されている。そして、コンタクト層62上にはその層62に接合するNiから成る電極7が形成されている。さらに、高キャリア濃度  $n^+$  層3の表面の一部は露出しており、その露出部にその層3に接合するNiから成る電極8が形成されている。

【0009】 次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。上記発光ダイオード10は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。用いられたガスは、 $\text{NH}_3$  とキャリアガス $\text{H}_2$ 又は $\text{N}_2$  とトリメチルガリウム( $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMG」と記す) とトリメチルアルミニウム( $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMA」と記す) とトリメチルインジウム( $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMI」と記す) と、シラン( $\text{SiH}_4$ ) とシクロペンタジエニルマグネシウム( $\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ ) (以下「 $\text{CP}_2\text{Mg}$ 」と記す) である。

【0010】 まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とする厚さ100～400μmの単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧で $\text{H}_2$ を流速2 liter/分で反応室に流しながら温度1100℃でサファイア基板1を気相エッチングした。

【0011】 次に、温度を400℃まで低下させて、 $\text{H}_2$ を20 liter/分、 $\text{NH}_3$ を10 liter/分、TMAを  $1.8 \times 10^{-6}$  モル/分で供給してAlNのバッファ層2が約500Åの厚さに形成された。次に、サファイア基板1の温度を1150

℃に保持し、 $H_2$ を20 liter/分、 $NH_3$ を10 liter/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ ル/分、 $H_2$ ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを $20 \times 10^{-8}$ mol/分で30分供給して、膜厚約2.2  $\mu m$ 、電子濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコンドープのGa N から成る高キャリア濃度 $n^+$ 層3を形成した。

【0012】次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、 $N_2$ 又は $H_2$ を10 liter/分、 $NH_3$ を10 liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、及び、 $H_2$ ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを $1 \times 10^{-8}$ mol/分で、4分供給して、膜厚約3000Å、濃度 $1 \times 10^{17}/cm^3$ のシリコンドープのGa N から成る $n$ 層4を形成した。

【0013】続いて、温度を850℃に保持し、 $N_2$ 又は $H_2$ を20 liter/分、 $NH_3$ を10 liter/分、TMGを $1.53 \times 10^{-4}$ モル/分、及び、TMIを $0.02 \times 10^{-4}$ モル/分で、6分間供給して0.05  $\mu m$ の $In_{0.08}Ga_{0.92}N$ から成る発光層5を形成した。

【0014】続いて、温度を1100℃に保持し、 $N_2$ 又は $H_2$ を20 liter/分、 $NH_3$ を10 liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $0.47 \times 10^{-4}$ モル/分、及び、 $CP_2Mg$ を $2 \times 10^{-4}$ モル/分で60分間導入し、膜厚約1.0  $\mu m$ のマグネシウム(Mg)ドープの $Al_{0.08}Ga_{0.92}N$ から成るp層61を形成した。p層61のマグネシウムの濃度は $1 \times 10^{20}/cm^3$ である。この状態では、p層61は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega cm$ 以上の絶縁体である。

【0015】続いて、温度を1100℃に保持し、 $N_2$ 又は $H_2$ を20 liter/分、 $NH_3$ を10 liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、及び、 $CP_2Mg$ を $4 \times 10^{-4}$ モル/分の割合で4分間導入し、膜厚約0.2  $\mu m$ のマグネシウム(Mg)ドープのGa N から成るコンタクト層62を形成した。コンタクト層62のマグネシウムの濃度は $2 \times 10^{20}/cm^3$ である。この状態では、コンタクト層62は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega cm$ 以上の絶縁体である。

【0016】このようにして、図2に示す断面構造のウエハが得られた。次に、このウエハを、450℃で45分間、熱処理した。この熱処理により、コンタクト層62、p層61は、それぞれ、ホール濃度 $7 \times 10^{17}/cm^3$ 、 $5 \times 10^{17}/cm^3$ 、抵抗率 $2 \Omega cm$ 、 $0.8 \Omega cm$ のp伝導型半導体となった。このようにして、多層構造のウエハが得られた。

【0017】次に、図3に示すように、コンタクト層62の上に、スパッタリングにより $SiO_2$ 層9を2000Åの厚さに形成し、その $SiO_2$ 層9上にフォトリソグرافを塗布した。そして、フォトリソグرافにより、図3に示すように、コンタクト層62上において、高キャリア濃度 $n^+$ 層3に対する電極形成部位A'のフォトリソグراف10を除去した。次に、図4に示すように、フォトリソグراف10によって覆われていない $SiO_2$ 層9をフッ化水素酸系エッチング液で除去した。

【0018】次に、フォトリソグراف10及び $SiO_2$ 層9によって覆われていない部位のコンタクト層62、p層6

1、発光層5、 $n$ 層4を、真空度0.04Torr、高周波電力0.44W/cm<sup>2</sup>、 $BCl_3$ ガスを10 ml/分の割合で供給しドライエッチングした後、Arでドライエッチングした。この工程で、図5に示すように、高キャリア濃度 $n^+$ 層3に対する電極取出しのための孔Aが形成された。

【0019】次に、試料の上全面に、一様にNiを蒸着し、フォトリソグراف工程、エッチング工程を経て、図1に示すように、高キャリア濃度 $n^+$ 層3及びコンタクト層62に対する電極8、7を形成した。その後、上記の如く処理されたウエハを各チップに切断して、発光ダイオードチップを得た。

【0020】このようにして得られた発光素子の発光スペクトルを測定した。図6に示すように、駆動電流20mAで、発光ピーク波長450nm、発光強度1000mcdであった。このように製造された発光ダイオードに正方向に静電圧を印加して、その静電耐圧を測定した。500Vの静電圧を印加しても絶縁破壊は見られなかった。これは、発光層5と $n^+$ 層3との間に、電子濃度が発光層や $n^+$ 層3よりも低い $n$ 層を設けたために、正方向の正電圧による各層及び各層間での電界が小さくなるためと思われる。

【0021】上記の実施例では、発光層5のバンドギャップが両側に存在するp層61と $n$ 層4のバンドギャップよりも小さくなるようなダブルヘテロ接合に形成されている。又、発光層5とp層61の成分比は、Ga N の高キャリア濃度 $n^+$ 層の格子定数に一致するように選択されている。又、上記実施例ではダブルヘテロ接合構造を用いたが、シングルヘテロ接合構造であっても良い。さらに、上記実施例は、発光ダイオードの例を示したが、レーザダイオードであっても同様に構成可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な第1実施例に係る発光ダイオードの構成を示した構成図。

【図2】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図3】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図4】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図5】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

#### 【符号の説明】

10…発光ダイオード

1…サファイア基板

2…バッファ層

3…高キャリア濃度 $n^+$ 層

4… $n$ 層

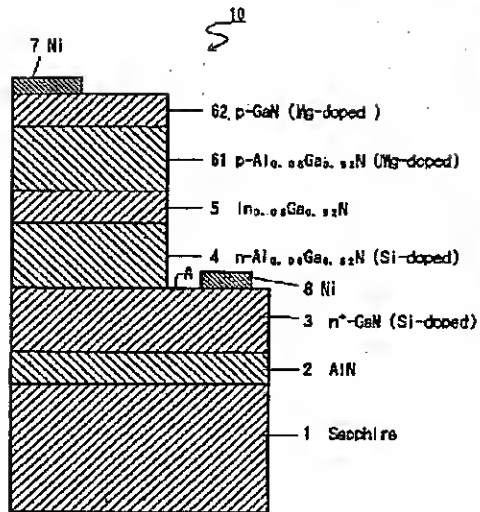
5…発光層

61…p層

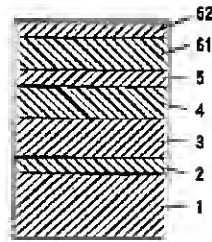
62…コンタクト層

7, 8...電極

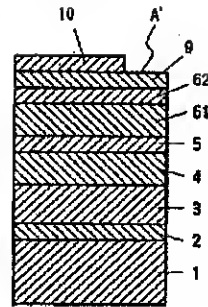
【図1】



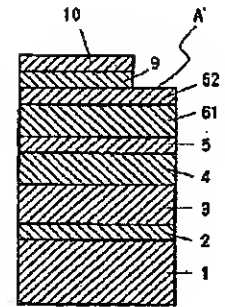
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

